



19)

(11) Publication number: **11004133 A**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**21) Application number: **09155281**(51) Intl. Cl.: **H03H 9/17 H03H 9/02 H03H 9/205**22) Application date: **12.06.97**

(30) Priority:

(43) Date of application publication: **06.01.99**

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: **MURATA MFG CO LTD**(72) Inventor: **KAIDA HIROAKI  
YAMADA MITSUHIRO  
INOUE JIRO**

(74) Representative:

**54) THICKNESS VERTICAL  
IEZOELECTRIC  
ESONATOR**

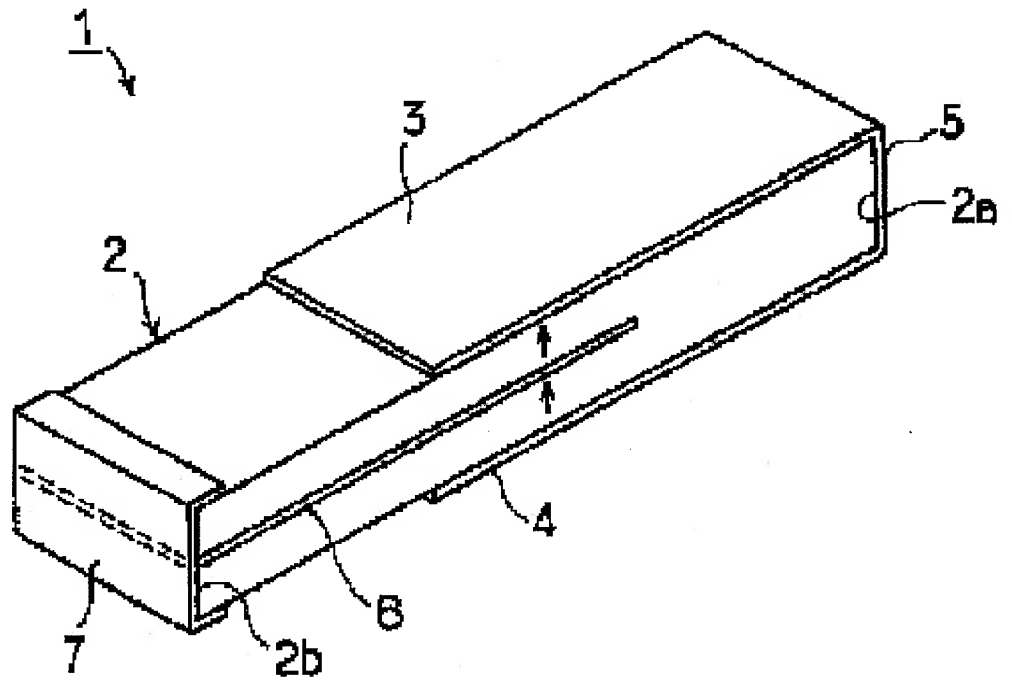
57) Abstract:

ROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thickness vertical piezoelectric resonator using a higher harmonic of a thickness vertical vibration mode and capable of being miniaturized and efficiently suppressing the occurrence of an undesired and useless spurious.

SOLUTION: This resonator is formed on both surfaces of a rectangularly planar piezoelectric bodies 2 and 2 and also provided with first and second exciting electrodes 3 and 4 which are opposed in front and rear with the piezoelectric bodies 2 and an inner electrode 6 which is arranged inside the piezoelectric bodies and opposed to the first and the second exciting electrodes 3 and 4. The width of the piezoelectric bodies 2 is adopted as W and thickness is as (t). At this time of

=t/n, W/d is equal to below 6.1.

OPYRIGHT: (C)1999,JPO



④

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-4133

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 3 H 9/17  
9/02  
9/205

H 0 3 H 9/17  
9/02  
9/205

A  
K

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-155281

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月12日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 関田 弘明

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 山田 光洋

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 井上 二郎

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

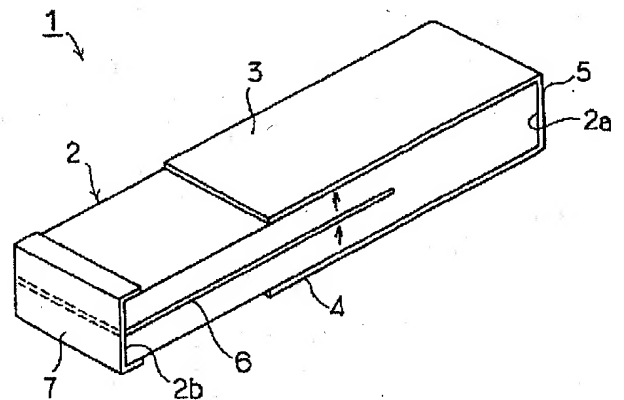
(74) 代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税 (外1名)

(54) 【発明の名称】 厚み縦圧電共振子

(57) 【要約】

【課題】 厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、小型化を進めることができ、所望でない不要スプリアスの発生を効果的に抑圧し得る、厚み縦圧電共振子を提供する。

【解決手段】 ストリップ型の矩形板状の圧電体2と、圧電体2の両面に形成されており、圧電体2を介して表裏対向された第1、第2の励振電極3、4と、圧電体内に配置されており、第1、第2の励振電極3、4と対向された内部電極6とを備え、圧電体2の幅をW、厚みをtとし、 $d = t/n$ としたときに、 $W/d$ が6.1以下とされている、厚み縦圧電共振子1。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 厚み縦振動モードの  $n$  次の高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、  
 矩形板状の圧電体と、  
 前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第 1、第 2 の励振電極と、  
 前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第 1、第 2 の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、  
 前記圧電体の幅を  $W$ 、厚みを  $t$  とし、 $d = t/n$  としたときに、 $W/d$  が 6.1 以下とされていることを特徴とする、厚み縦圧電共振子。

【請求項 2】 前記  $W/d$  が以下の何れかの範囲とされていることを特徴とする、請求項 1 に記載の厚み縦圧電共振子。

$W/d \leq 0.8$ 、

1.  $0 \leq W/d \leq 2.0$ 、

2.  $2 \leq W/d \leq 4.0$ 、

4.  $3 \leq W/d \leq 4.8$ 、

5.  $7 \leq W/d \leq 6.1$ 。

【請求項 3】 エネルギー閉じ込め型圧電共振子であって、一方向のみに振動減衰部を有し、前記方向と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第 1、第 2 の励振電極が至るように第 1、第 2 の励振電極が形成されている、請求項 1 または 2 に記載の厚み縦圧電共振子。

【請求項 4】 前記圧電体が細長いストリップ型の圧電体により構成されている、請求項 1～3 の何れかに記載の厚み縦圧電共振子。

【請求項 5】 前記第 1 または第 2 の励振電極が形成されている面に、圧電共振子の振動を妨げないための空間を隔てて貼り合わされたコンデンサをさらに備えることを特徴とする、請求項 1～4 の何れかに記載の厚み縦圧電共振子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、種々の共振子や発振子等に用いられる圧電共振子に関し、より詳細には、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子に関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電共振子は、圧電発振子や圧電フィルタなどの種々の圧電共振部品に用いられており、この種の圧電共振子としては、使用周波数に応じて種々の圧電振動モードを利用したものが知られている。

【0003】 特開平 1-117409 号公報には、厚み縦振動モードの 2 倍波を利用したエネルギー閉じ込め型圧電共振子が開示されている。この圧電共振子を、図 21 及び図 22 を参照して説明する。

【0004】 上記圧電共振子は、図 21 に分解斜視図で

2

示すように、圧電材料よりなるセラミックグリーンシート 51、52 を積層し、一体焼成することにより得られている。セラミックグリーンシート 51 上には、中央に円形の励振電極 53 が形成されており、該励振電極 53 は、引き出し電極 54 によりセラミックグリーンシート 51 の端縁に引き出されている。また、セラミックグリーンシート 52 の上面には、中央に円形の励振電極 55 が形成されており、励振電極 55 は引き出し電極 56 によりセラミックグリーンシート 52 の端縁に引き出されている。また、セラミックグリーンシート 52 の下面には、下方に投影して示すように、励振電極 57 が形成されており、励振電極 57 は引き出し電極 58 によりセラミックグリーンシート 52 の端縁に引き出されている。

【0005】 上記セラミックグリーンシート 51、52 を積層し、厚み方向に加圧した後焼成することにより、焼結体を得、該焼結体を分極処理することにより、図 22 により圧電共振子 60 が得られる。

【0006】 圧電共振子 60 では、圧電体層 61、62 が図示の矢印方向に、すなわち焼結体が厚み方向に一樣に分極処理されている。駆動に際しては、励振電極 53、57 を共通接続し、励振電極 53、57 と、励振電極 55 との間で交流電圧を印加することにより、圧電共振子 60 を共振させることができる。この場合、振動エネルギーは、励振電極 53、55、57 が重なり合っている領域、すなわち共振部 A に閉じ込められる。

【0007】 従来の厚み縦振動モードの高調波を利用した圧電共振子 60 は、上記のようにエネルギー閉じ込め型圧電共振子として構成されており、従って、共振部 A の周囲に振動を減衰させるための振動減衰部を必要としていた。すなわち、共振部の面積に比べて大きな振動減衰部を必要としていた。従って、圧電共振子 60 では小型化を進めることが困難であった。

【0008】 他方、特開平 2-235422 号公報には、共振部の周囲に余分な圧電基板部分をあまり必要としない、ストリップ型の圧電セラミックスを用いたエネルギー閉じ込め型圧電共振子が開示されている。

【0009】 ここでは、図 23 に示すように、細長い圧電基板 71 の上面に励振電極 72a が、下面に励振電極 72b が形成されている。励振電極 72a、72b は、それぞれ、圧電基板 71 の一対の長辺に至るように、すなわち全幅に至るように形成されており、かつ圧電基板 71 の長さ方向中央において表裏対向されて共振部を構成している。また、これらの励振電極 72a、72b は、それぞれ、圧電基板 71 の長さ方向端部 71a、71b に至るように延ばされている。

【0010】 圧電共振子 70 では、厚み縦振動モードを励振した場合、圧電基板 71 の幅  $W$  と厚み  $T$  の寸法関係に起因する不要振動が発生する。そこで、特開平 2-235422 号公報では、基本波を利用する場合には、共振周波数 16 MHz において  $W/T = 5.33$  付近とす

ればよいこと、3倍波を利用する場合には、共振周波数約16MHzにおいて $W/T=2.87$ 付近とすれば、共振周波数-反共振周波数間における不要スプリアスを低減し得るとされている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述した通り、厚み縦振動モードの2倍波を利用した特開平1-117409号公報に開示されているエネルギー閉じ込め型圧電共振子では、共振部の周囲に大きな振動減衰部を構成する必要があるため、小型化が困難であるという問題があった。

【0012】また、特開平2-235422号公報に開示されているエネルギー閉じ込め型圧電共振子では、共振部の側方に振動減衰部を必要としないため、小型化を果たし得るものの、実際に厚み縦振動モードの高調波を利用しようとした場合には、共振周波数-反共振周波数間に様々な不要スプリアスが現れ、有効な共振特性を得られないという問題があった。

【0013】よって、本発明の目的は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、小型化を進めることができ、かつ所望でない不要スプリアスの発生を効果的に抑制し得る良好な共振特性を有する厚み縦圧電共振子を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、厚み縦振動モードの高調波を利用した厚み縦圧電共振子であって、矩形板状の圧電体と、前記圧電体の両面に形成されており、圧電体を介して対向された第1、第2の励振電極と、前記圧電体内に配置されており、圧電体層を介して第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも一層の内部電極とを備え、前記圧電体の幅を $W$ 、厚みを $t$ とし、 $d=t/n$ としたときに、 $W/d$ が6.1以下であることを特徴とする。

【0015】また、好ましくは、請求項2に記載のように、上記比 $W/d$ が、以下の範囲とされる。

$$W/d \leq 0.8 \quad \dots (1)$$

$$1.0 \leq W/d \leq 2.0 \quad \dots (2)$$

$$2.2 \leq W/d \leq 4.0 \quad \dots (3)$$

$$4.3 \leq W/d \leq 4.8 \quad \dots (4)$$

$$5.7 \leq W/d \leq 6.1 \quad \dots (5)$$

また、請求項3に記載の発明は、エネルギー閉じ込め型圧電共振子であって、一方向のみに振動減衰部を有し、前記方向と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されている請求項1または2に記載の厚み縦圧電共振子である。

【0016】また、好ましくは、請求項4に記載のように、上記圧電体は細長いストリップ型の圧電体により構成されている。請求項5に記載の発明は、前記第1または第2の励振電極が形成されている面に、圧電共振子の

振動を妨げないための空間を隔てて貼り合わされたコンデンサをさらに備えることを特徴とする。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の非限定的な実施例につき説明する。

(第1の実施例) 図1は、本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子を示す斜視図であり、図2はその断面図である。

【0018】厚み縦圧電共振子1は、細長いストリップ状の圧電体2を用いて構成されている。圧電体2は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスのような圧電セラミックスで構成されており、その幅を $W$ 、厚みを $t$ とし、 $d=t/n$ としたときに、 $W/d$ が6.1以下とされている。

【0019】圧電体2は、図示の矢印で示すように、厚み方向に一樣に分極処理されている。他方、圧電体2の上面には、第1の励振電極3が形成されており、下面には第2の励振電極4が形成されている。励振電極3、4は、圧電体2の一方端部2aから圧電体2の上面及び下面において他方端部2bに向かって延ばされている。

【0020】他方、励振電極3、4は、圧電体2の端面2aに形成された接続電極5により共通接続されている。また、圧電体2の中間高さ位置には、内部電極6が形成されている。内部電極6は、圧電体2の端面2bに引き出されており、端面2bに形成された端子電極7に電氣的に接続されている。

【0021】駆動に際しては、第1、第2の励振電極3、4と、内部電極6との間に交流電圧を印加することにより、厚み縦振動モードの2倍波が強く励振され、該2倍波を利用した圧電共振子として動作させることができる。

【0022】なお、本実施例では、第1、第2の励振電極3、4と、内部電極6とは、圧電体2の長さ方向中央部分において圧電体層を介して重なり合うように形成されている。従って、第1、第2の励振電極3、4と内部電極6とが重なり合っている部分において、エネルギー閉じ込め型の共振部が構成され、この共振部が振動した場合のエネルギーは、共振部から端面2a、2b側の圧電体部分で減衰される。

【0023】言い換えれば、上記共振部を中心として考えると、圧電体2の長さ方向(第1の方向)のみに振動減衰部が両側に設けられており、第1、第2の励振電極は、長さ方向と直交する方向において、圧電板の端部、すなわち長手方向端縁に至るように形成されている。

【0024】この場合、第1、第2の励振電極3、4及び内部電極6は、共振部においてのみ、圧電体2の全幅に至るように形成されておればよく、共振部外では、同じ幅に形成されている必要は必ずしもない。例えば、励振電極3を例にとると、共振部においてのみ、励振電極3は圧電体2の全幅に至るように形成されておればよ

く、励振電極3の共振部より端面2a側の部分は、単に励振電極を接続電極5に電氣的に接続する部分であるため、より細い幅で形成されていてもよい。

【0025】本実施例の厚み縦圧電共振子1では、従来のストリップ型厚み縦圧電共振子と異なり、不要スプリアスを効果的に抑制することができる。これを、図24及び図3～図11を参照して説明する。

【0026】本発明によれば、図23に示した従来のストリップ型圧電共振子70では、圧電基板71の断面エッジモードによる共振が強く発生が確かめられた。この圧電共振子70のインピーダンス周波数特性を図24に示す。

【0027】図24において、矢印TE<sub>2</sub>で示す振動モードが、厚み縦振動モードの2倍波であり、SE<sub>1</sub>～SE<sub>3</sub>で示す応答が断面エッジモードに起因するスプリアス振動である。図24に示すインピーダンス周波数特性は、共振周波数が16MHzとした圧電共振子70の特性であるが、図24から明らかなように、SP<sub>1</sub>で示すスプリアスが13.5MHz付近に、SP<sub>2</sub>で示すスプリアスが14.5MHz付近に、SP<sub>3</sub>で示すスプリアスが16.5MHz付近に現れており、何れのスプリアスもかなり大きいことがわかる。

【0028】上記スプリアスにおける圧電共振子の変位状態を有限要素法で分析したところ、図4～図8に示す結果が得られた。なお、図4～図8は、図3に示すように、ストリップ型厚み縦圧電共振子1の横断面、すなわち長さ方向と直交する方向であり、かつ厚み方向にストリップ型圧電共振子を切断した面の半分の変位状態を模式的に拡大して示す図である。

【0029】図4～図8は、それぞれ、断面エッジモードの変位形態であり、それぞれSE<sub>0</sub>～SE<sub>4</sub>と呼ぶことにする。上記SP<sub>1</sub>、SP<sub>2</sub>、SP<sub>3</sub>は断面エッジモードスプリアスSE<sub>2</sub>に基づく、あるいは付随したモードと考えられる。

【0030】そこで、本願発明者は、上記断面エッジモードSE<sub>0</sub>～SE<sub>4</sub>に起因するスプリアスを抑制すべく種々実験を繰り返したところ、図1に示した厚み縦圧電共振子1において、圧電体2の幅をW、厚みをtとし、 $d=t/n$ としたとき、比W/dを特定の値とすれば、断面エッジモードの応答を小さくすることができ、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>のみを大きく励振させ得ることを見出した。すなわち、図9及び図10は、それぞれ、比W/d=4.2及び2.8とした場合の有限要素法により解析された圧電共振子1のインピーダンス周波数特性を示す。

【0031】図9から明らかなように、W/d=4.2の場合には、共振点f<sub>r</sub>と反共振点f<sub>a</sub>との間の通過帯域近傍に、断面エッジモードSE<sub>2</sub>とそれに付随したモードが強く現れているのに対し、図10に示すようにW/d=2.8の場合には、共振点f<sub>r</sub>と反共振点f<sub>a</sub>と

の間の通過帯域近傍に大きな断面エッジモードスプリアスが現れていないことがわかる。

【0032】上記有限要素法による解析に従って、実際に、W/d=2.8となるように、圧電共振子1を作製し、インピーダンス周波数特性を測定したところ、図11に示す結果が得られた。

【0033】図11から明らかなように、共振点f<sub>r</sub>と反共振点f<sub>a</sub>との間の通過帯域近傍に断面エッジモードによるスプリアスがほとんど現れていないことがわかる。そこで、上記比W/dを変化させた場合に、図11に示したように良好な共振特性が得られたことに鑑み、比W/dを変化させた場合の各モードの周波数定数を有限要素法により確かめたところ、図12に示す結果が得られた。

【0034】なお、ここでの周波数定数とは、反共振周波数f<sub>a</sub>にdを乗じて、周波数を定数化したものである。図12から明らかなように、比W/dを変化させると、比帯域幅が変化し、特に、W/dが6を超えると、断面エッジモードによる振動の共振点(図12においては×印で示す)が通過帯域内に現れることがわかる。また、比W/dが6.1以下の場合には、該W/dの値を選択することにより、断面エッジモードによる振動の影響を受け得ない厚み縦圧電共振子の得られることがわかる。特に、比W/dを上記式(1)～(5)の範囲内とすれば、×印で示される断面エッジモードの共振が共振点(○)と反共振点(△)との間の通過帯域内に位置せず、従って、良好な共振特性の得られることがわかる。

【0035】本実施例の厚み縦圧電共振子1では、上記のように、圧電体2の比W/dを6.1以下としているので、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>を用いた圧電共振子を構成した場合、断面エッジモードによる不要スプリアスを効果的に抑制することが可能であり、良好な共振特性の得られることがわかる。

【0036】(第2の実施例) 第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1では、圧電体2が厚み方向に一様に分極処理されており、各層に加える印加電界が逆方向とされるパラレル接続タイプの圧電共振子を示したが、本発明は、複数の圧電体層を厚み方向に交互に逆方向に分極処理してなるシリーズ接続型の圧電共振子としてもよい。このようなシリーズ性型の厚み縦圧電共振子を、図13に示す。

【0037】図13に示す厚み縦圧電共振子11は、細長い矩形板状のストリップ型圧電体12を用いて構成されている。圧電体12の上面には、第1の励振電極13が形成されており、下面には第2の励振電極14が形成されている。第1、第2の励振電極13、14は圧電体12を用いて表裏対向されている。また、第1、第2の励振電極13、14は、圧電体12の長さ方向中央部分において対向しており、この第1、第2の励振電極13、14が対向している部分はエネルギー閉じ込め型の

共振部とされている。

【0038】本実施例においても、第1、第2の励振電極13、14は、それぞれ、圧電体12の端面12aまたは端面12bに引き出されているが、共振部以外の部分は圧電体12の全幅に至るように形成されておらずともよい。

【0039】従って、励振電極13、14についても、見方を変えれば、圧電体12の長さ方向に振動減衰部を有するエネルギー閉じ込め型の共振部を構成するために、該長さ方向と直交する方向において第1、第2の励振電極13、14が圧電体12の長さ方向端縁に至るように形成されていることになる。

【0040】圧電体12の中間高さ位置には、内部電極16が形成されている。この内部電極16は、圧電体12を分極処理するために設けられている。すなわち、分極に際しては、内部電極16に相対的に高い電圧を、励振電極13、14には相対的に低い電圧を与えることにより、圧電体層12c、12dが図示の矢印で示すように厚み方向に逆方向に分極処理される。

【0041】駆動に際しては、第1、第2の励振電極13、14間に交流電圧を印加することにより、すなわち内部電極16を用いることなく駆動することにより、厚み縦振動モードの2倍波TE<sub>2</sub>を励振させることができる。

【0042】第2の実施例に係る厚み縦圧電共振子11においても、比W/dが上述した5種類の範囲のいずれかの範囲内とされているため、第1の実施例の厚み縦圧電共振子1と同様に、断面エッジモードに基づく不要スプリアスを効果的に抑制することができ、良好な共振特性を得ることができる。

【0043】(変形例) 第1、第2の実施例は、何れも厚み縦振動モードの2倍波を利用した圧電共振子1、11であるが、本発明に係る圧電共振子は、厚み縦振動モードの2倍波以外の高調波を利用したものであってもよい。図14～図17は、これらの他の高調波を利用した圧電共振子を説明するための断面図であり、第1の実施例について示した図2に相当する図である。

【0044】図14は、厚み縦振動モードの3倍波を利用したパラレル接続型厚み縦圧電共振子21を示す。すなわち、圧電体2内に2枚の内部電極22、23を配置し、矢印で示すように圧電体2を厚み方向に一樣に分極処理することにより、厚み縦振動モードの3倍波を利用した圧電共振子21を構成することができる。

【0045】また、図15に示す厚み縦圧電共振子24は、厚み縦振動モードの4倍波を利用したパラレル接続型圧電共振子24を示す断面図である。厚み縦圧電共振子24では、圧電体2が厚み方向に一樣に分極処理されており、内部に3枚の内部電極25～27が厚み方向に等間隔を隔てて配置されており、それによって厚み縦振動モードの4倍波が効果的に励振される。

【0046】図16は、厚み縦振動モードの3倍波を利用したシリーズ接続型の厚み縦圧電共振子28を示す断面図である。厚み縦圧電共振子28では、圧電体12内に2枚の内部電極29、30が配置されており、圧電体12内が3層の圧電体層12e～12gに分割されており、これらの内部電極29、30を用いて分極処理することにより、厚み方向において隣合う圧電体層が逆方向となるように分極処理されている。従って、第1、第2の励振電極13、14に交流電圧を印加することにより、厚み縦振動モードの3倍波を励振することができる。

【0047】同様に、図17は、厚み縦振動モードの4倍波を利用したシリーズ接続型圧電共振子31を示す断面図である。ここでは、圧電体12内に、3枚の内部電極32～34が配置されており、これらの内部電極32～34を用いて分極処理することにより、図示のように隣接する圧電体層が相互に逆方向になるように厚み方向に分極処理されている。

【0048】従って、第1、第2の励振電極13、14から交流電圧を印加することにより、厚み縦振動の4倍波を利用した圧電共振子として動作させ得る。図14～図17に示した各厚み縦圧電共振子においても、比W/dが上述した5種類の何れかの範囲内とされているため、第1、第2の実施例の厚み縦圧電共振子と同様に厚み縦振動の高調波を利用し、かつ断面エッジモードや他の高調波のレスポンスによる不要スプリアスを効果的に抑制することが可能となる。

【0049】(第3の実施例) 図18は、本発明の第3の実施例に係る厚み縦圧電共振子を説明するための斜視図であり、図19はその等価回路を示す図である。図18に示す圧電共振子41は、第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子1にコンデンサ42を結合した構造を有する。すなわち、厚み縦圧電共振子1の下面に、導電性接着剤43、44を介してコンデンサ42が接合されている。

【0050】コンデンサ42では、誘電体基板42aの上面において、所定のギャップを隔てて容量電極42b、42cが形成されている。また、誘電体基板42aの下面には、容量電極42b、42cと誘電体基板42aを介して表裏対向するように共通電極42dが形成されている。

【0051】他方、導電性接着剤43は、上記容量電極42bと端子電極7とを接合しており、導電性接着剤44は、容量電極42cと端子電極5とを接合している。従って、圧電共振子41は、図19に示すように、共振子に2個のコンデンサユニットを組み合わせた容量内蔵型圧電共振子として用いることができるものである。

【0052】よって、厚み縦圧電共振子1が厚み縦振動の2倍波を利用した圧電共振子であって、断面エッジモードに起因するスプリアスを効果的に抑制することが可

能とされているので、良好な周波数特性を有する圧電共振子を提供することが可能となる。

【0053】(他の変形例)図20は、本発明の厚み縦圧電共振子のさらに他の変形例を示す斜視図である。

【0054】本発明に係る厚み縦圧電共振子は、厚み縦振動の高調波を利用した圧電共振子において、比 $W/d$ が上述した5種類の特定の範囲として断面エッジモードに起因するスプリアスや他の高調波に起因する不要スプリアスを抑制したことに特徴を有するものである。すなわち、エネルギー閉じ込め型の圧電共振子に限定されるものではなく、図20に示すように、エネルギー閉じ込め型ではない厚み縦圧電共振子にも本発明を適用することができる。

【0055】図20に示す厚み縦圧電共振子45は、矩形板状の細長いストリップ型の圧電体46を用いて構成されており、該圧電体46は、比 $W/d$ が第1の実施例で示した5種類の特定の範囲の何れかの範囲内とされている。そして、圧電体46の上面及び下面の全面に、それぞれ、第1、第2の励振電極47、48が形成されており、内部に内部電極50が配置されている。また、圧電体46では、隣り合う圧電体層46a、46bが厚み方向において逆方向に分極処理されている。

【0056】厚み縦圧電共振子45においても、 $W/d$ が上記特定の範囲とされているため、第2の実施例の厚み縦圧電共振子11と同様に、断面エッジモードや他の高調波に起因する不要スプリアスを効果的に抑制することができ、良好な共振特性を得ることができる。

#### 【0057】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、矩形板状の圧電体と、圧電体の両面に形成された第1、第2の励振電極と、圧電体内に配置されており、第1、第2の励振電極と少なくとも部分的に対向された少なくとも1層の内部電極とを備える厚み縦圧電共振子において、比 $W/d$ が6.1以下とされているため、 $W/d$ の値を調整することにより断面エッジモードや利用する高調波以外の他の高調波に起因する不要スプリアスを効果的に抑制することができる。よって、共振特性の良好な厚み縦圧電共振子を提供することができる。

【0058】また、比 $W/d$ を、請求項2に記載のように、上述した5種類の特定の範囲の何れかの範囲内とすれば、断面エッジモードや利用する高調波以外の他の高調波に起因する不要スプリアスをより一層効果的に抑制することができる。

【0059】請求項3に記載の発明によれば、さらに、エネルギー閉じ込め型圧電共振子として構成されており、一方向のみに振動減衰量を有し、該方向と直交する方向において、圧電板の端部または端部近傍まで第1、第2の励振電極が至るように第1、第2の励振電極が形成されているので、共振部の側方に振動減衰部を設ける必要はない。従って、圧電共振子の小型化を促進するこ

とができる。

【0060】また、請求項4に記載のように、圧電体として、細長いストリップ型の圧電体を用いた場合には、厚み縦圧電共振子の小型化を進めることができ、さらに細長いストリップ型の圧電体を用い、請求項3に記載の発明に従ってエネルギー閉じ込め型圧電共振子を構成した場合には、より一層小型の厚み縦圧電共振子を提供することができる。

【0061】請求項5に記載の発明によれば、請求項1～4の何れかに記載の厚み縦圧電共振子に、さらに共振子の振動を妨げないための空間を隔ててコンデンサが貼り合わされているので、不要スプリアスが少ない共振特性の良好な圧電共振子を用いて、容量内蔵型の圧電共振子を提供することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子を示す斜視図。

【図2】第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子の断面図。

【図3】図4～図8に示す変位分布が表されている部分である圧電共振子の断面図の半分を示す断面図。

【図4】断面エッジモード $SE_0$ で振動している圧電体の有限要素法による解析された変位分布を示す図。

【図5】断面エッジモード $SE_1$ で振動している圧電体の有限要素法による解析された変位分布を示す図。

【図6】断面エッジモード $SE_2$ で振動している圧電体の有限要素法による解析された変位分布を示す図。

【図7】断面エッジモード $SE_3$ で振動している圧電体の有限要素法による解析された変位分布を示す図。

【図8】断面エッジモード $SE_4$ で振動している圧電体の有限要素法による解析された変位分布を示す図。

【図9】比 $W/d=4.2$ の場合の有限要素法により解析したインピーダンス-周波数特性を示す図。

【図10】比 $W/d=2.8$ の場合の有限要素法により解析された図1に示した厚み縦圧電共振子のインピーダンス-周波数特性を示す図。

【図11】本発明の第1の実施例に係る厚み縦圧電共振子のインピーダンス-周波数特性を示す図。

【図12】比 $W/d$ の絶対値と比帯域幅との関係を示す図。

【図13】本発明の第2の実施例に係る厚み縦圧電共振子を説明するための斜視図。

【図14】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第1の変形例を示す断面図。

【図15】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第2の変形例を示す断面図。

【図16】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第3の変形例を示す断面図。

【図17】本発明に係る厚み縦圧電共振子の第4の変形例を示す断面図。



11

12

【図 18】本発明の第 3 の実施例に係る圧電共振子であって、コンデンサ内蔵型圧電共振子を示す斜視図。

【図 19】図 18 に示した圧電共振子の回路構成を示す図。

【図 20】本発明の厚み縦圧電共振子のさらに他の変形例を説明するための斜視図。

【図 21】従来の厚み縦圧電共振子の一例を説明するための分解斜視図。

【図 22】図 21 に示した厚み縦圧電共振子の断面図。

【図 23】従来の厚み縦圧電共振子の他の例を説明するための斜視図。

【図 24】従来の厚み縦圧電共振子のインピーダンス周波数特性を示す図。

【符号の説明】

- 1…厚み縦圧電共振子  
2…圧電体  
3, 4…第 1, 第 2 の励振電極  
6…内部電極

11…厚み縦圧電共振子

12…圧電体

13, 14…第 1, 第 2 の励振電極

16…内部電極

21…厚み縦圧電共振子

22, 23…内部電極

24…厚み縦圧電共振子

25～27…内部電極

28…厚み縦圧電共振子

29, 30…内部電極

31…厚み縦圧電共振子

32～34…内部電極

41…圧電共振子

42…コンデンサ

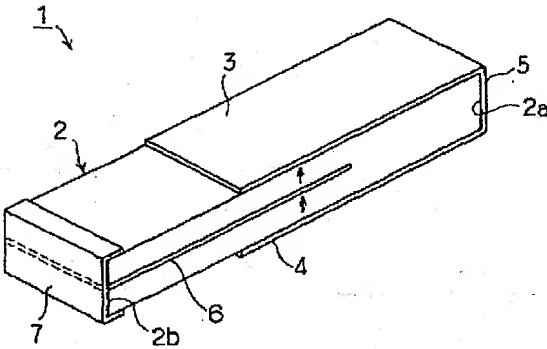
45…厚み縦圧電共振子

46…圧電体

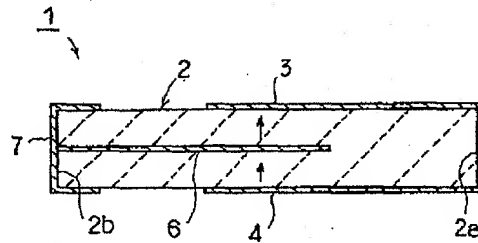
47, 48…第 1, 第 2 の励振電極

50…内部電極

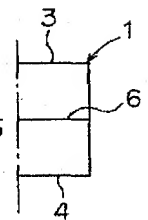
【図 1】



【図 2】



【図 3】

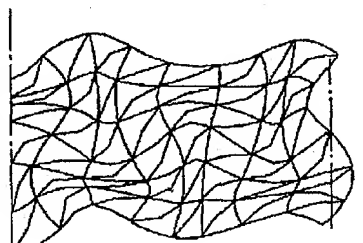
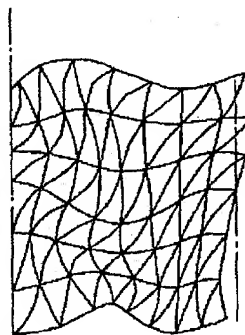
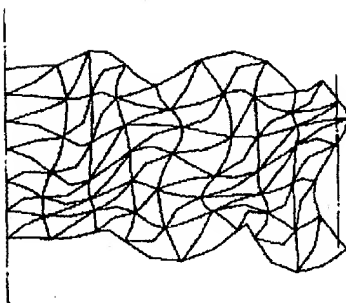


【図 4】

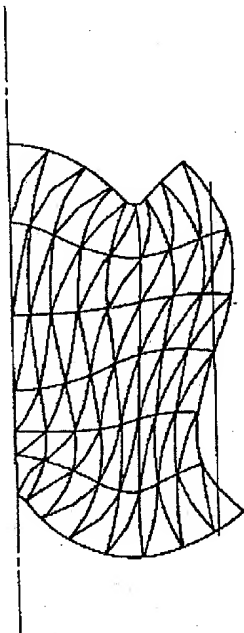
【図 6】

【図 7】

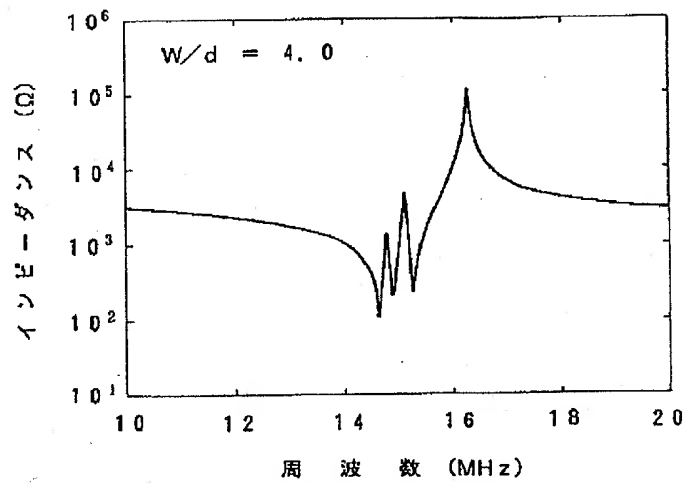
【図 8】



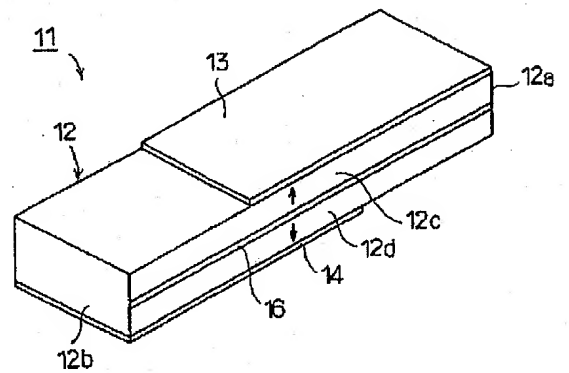
【図5】



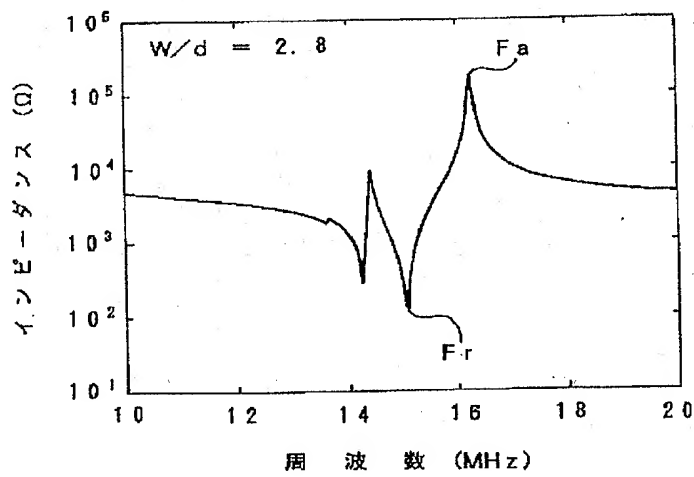
【図9】



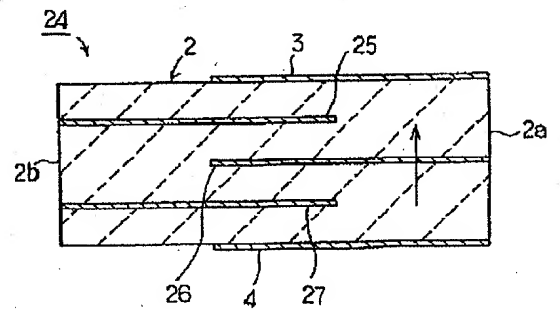
【図13】



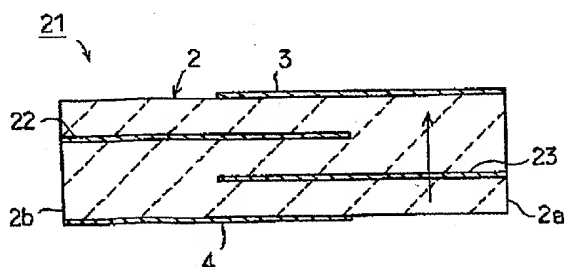
【図10】



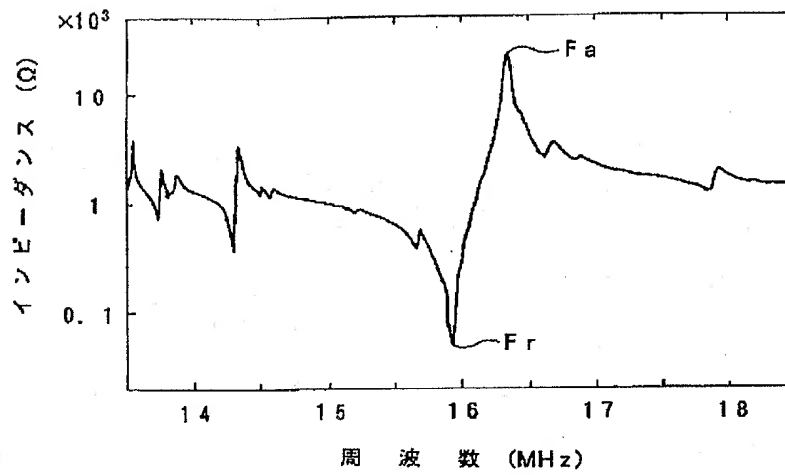
【図15】



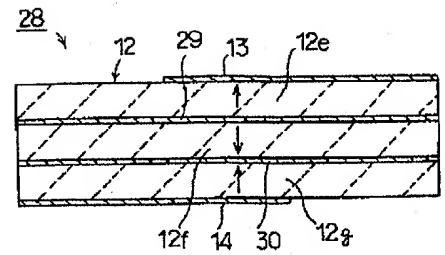
【図14】



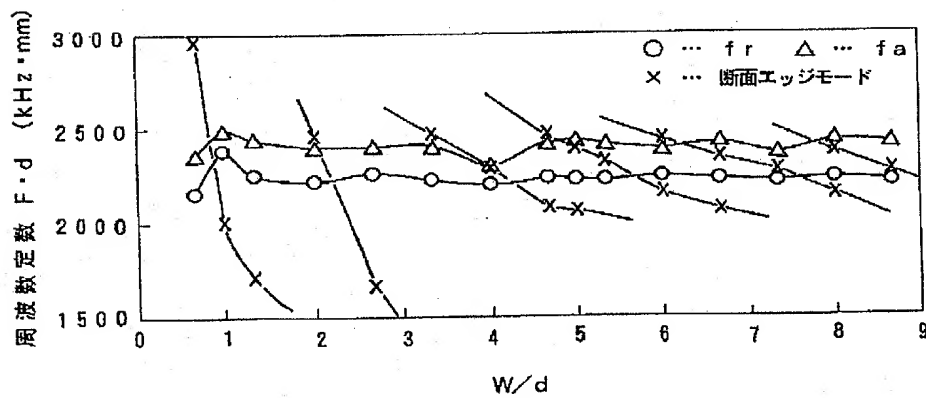
【図11】



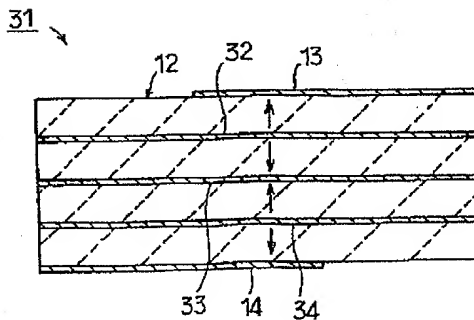
【図16】



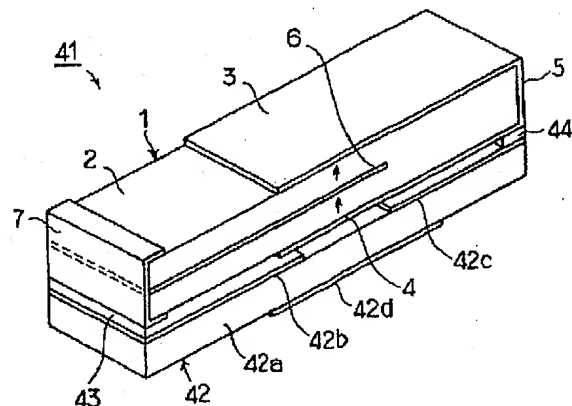
【図12】



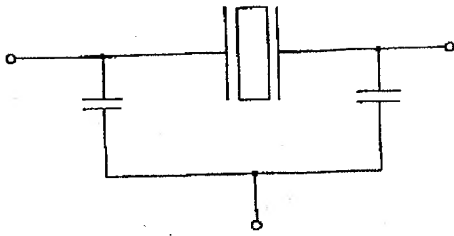
【図17】



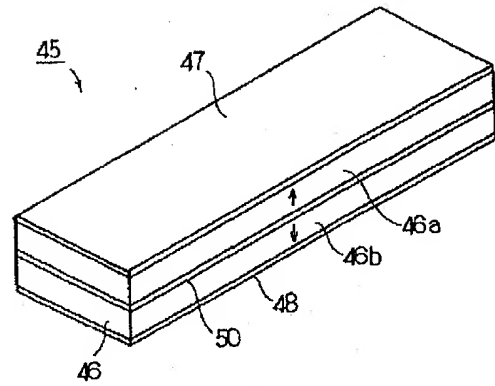
【図18】



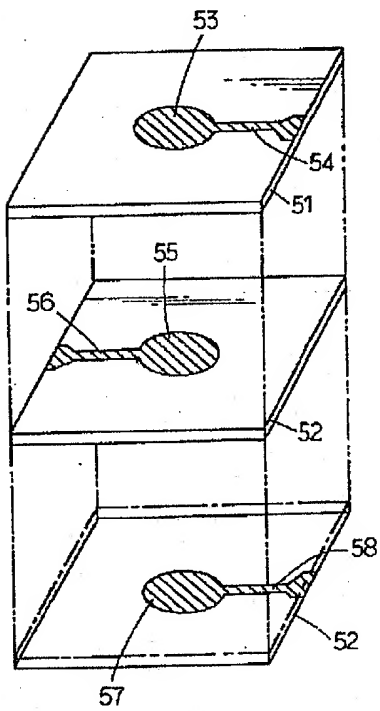
【図 19】



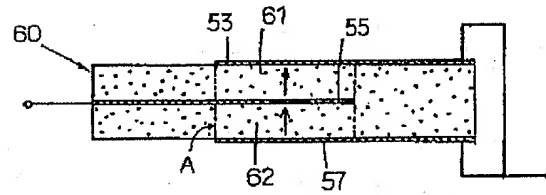
【図 20】



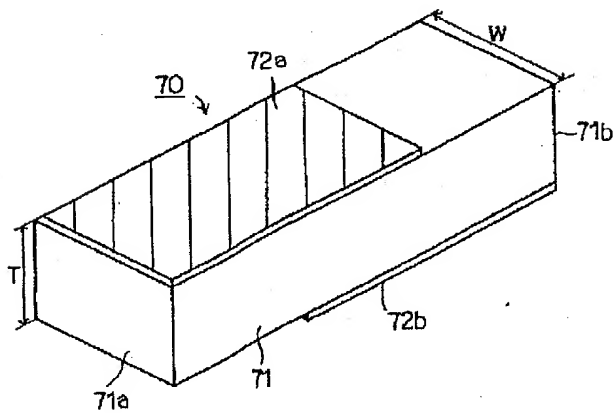
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【図24】

